KHON KAEN AGR. J. 48 (5): 942-953 (2020)./doi:10.14456/kaj.2020.86.

การใช้ผงหนอนแมลงวันลายที่เลี้ยงด้วยกากเต้าหู้ในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต องค์ประกอบซาก และคุณภาพเนื้อ

Use of black soldier fly larvae (BSFL) fed with soy waste powder in broiler diet on growth performance, carcass composition and meat quality

จักรพัทร มาลามณีรัตน[1*], บัวเรียม มณีวรรณ์[1], กฤดา ชูเกียรติศิริ[1] และ จุฑากร ปานะถึก[1]

Jukkrapat Malamaneerat[1*], Buaream Maneewan[1], Kridda Chukiatsiri[1] and Julakorn Panatuk[1]

บทคัดย่อ: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ผงหนอนแมลงวันลายที่เลี้ยงด้วยกากเต้าหู้ในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพ การเจริญเติบโต องค์ประกอบซาก และคุณภาพเนื้อ โดยใช้ไก่เนื้อพันธุ์ Ross 308 แรกเกิดเพศผู้จำนวน 180 ตัว แบ่งเป็น 5 กลุ่มตามสูตรอาหาร แต่ละกลุ่มมี 3 ซ้ำ ซ้ำละ 12 ตัว กลุ่มที่ 1 ใช้อาหารควบคุม (ไม่ใช้ผงหนอนแมลงวันลายในสูตรอาหาร) กลุ่มที่ 2, 3, 4 และ 5 ใช้อาหารผสมผงหนอนแมลงวันลายที่ระดับ 1, 2, 3 และ 4% ในสูตรอาหาร จากการศึกษาพบว่าสมรรถภาพการเจริญเติบโต และองค์ประกอบซากไม่มีความแตกต่างกัน (P > 0.05) การใช้ผงหนอนแมลงวันลาย 2 และ 3% ทำให้ค่าการสูญเสียน้ำจากการต้มสุกของเนื้ออกต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ใช้ผงหนอนแมลงวันลาย 4% ในสูตรอาหาร (P < 0.05) และการใช้ในระดับ 1, 2 และ 3% ทำให้ค่าการเกิดออกซิเดชันในเนื้ออกหลังฆ่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (P < 0.05) ดังนั้นสามารถใช้ผงหนอนแมลงวันลายเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกในอาหารไก่เนื้อได้ถึง 4% โดยไม่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และองค์ประกอบซาก และควรใช้ผงหนอนแมลงวันลายที่ระดับ 1, 2 และ 3% ในสูตรอาหารเพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อให้ดีขึ้น

คำสำคัญ: ไก่เนื้อ, ผงหนอนแมลงวันลาย, สมรรถภาพการเจริญเติบโต, องค์ประกอบซาก, คุณภาพเนื้อ

ABSTRACT: The objective of the current study was the use of black soldier fly larvae fed with soy waste powder (BSFL) in broiler diet on growth performance, carcass composition and meat quality observation. The 180 day-old male broiler chicks (Ross 308) were divided into 5 groups, 3 replications, 12 birds for each replication. Group 1 provided the control diet (non BSFL). Groups 2, 3, 4 and 5 provided the diets contained BSFL at the level of 1, 2, 3 and 4%. The results showed that growth performance and carcass composition between the experimental groups were not different (P > 0.05) but the water-holding capacity loss of the breast meat in the 2 and 3% BSFL groups were lower than that of the 4 % BSFL and control groups (P < 0.05). The lipid oxidation after slaughter of the breast meat in the 1, 2 and 3% BSFL groups were lower than that of control group (P < 0.05).

Received December 24, 2019

Accepted March 9, 2020

[1] คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiang Mai 50290

[*] E-mail address: jukkrapatmalamaneerat@gmail.com

Therefore, the BSFL can be used as the alternative protein source in broiler diet up to 4% without affecting on growth performance and carcass composition and should be use BSFL at the levels of 1, 2 and 3% in diet for meat quality improvement.

Keywords: broiler, black soldier fly larvae powder, growth performance, carcass composition, meat quality

บทนำ

ปัจจุบันมีการบริโภคเนื้อไก่มากขึ้น การผลิตไก่เนื้อมีการขยายตัวสูงโดย ปี พ.ศ. 2555 – 2561 ดัชนีการผลิตไก่เนื้อภายในประเทศมีการขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นถึง 44.81% (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) เมื่อมีการผลิตไก่เนื้อที่มากขึ้นผลที่ตามมาคือความต้องการใช้วัตถุดิบเพิ่มขึ้น ดังนั้นการศึกษาหาแหล่งวัตถุดิบทางเลือกใหม่เป็นสิ่งจำเป็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนซึ่งมีความสำคัญมากในการผลิตอาหารสัตว์ปีก แมลงถือเป็นแหล่งวัตถุดิบโปรตีนทางเลือกใหม่ที่น่าสนใจในปัจจุบัน เนื่องจากแมลงมีโปรตีนและแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับสัตว์ (Ifie and Emeruwa, 2011)

หนอนแมลงวันลาย (black soldier fly larvae, BSFL) แห้งถือเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจเนื่องจากหนอนแมลงวันลายมีโปรตีนและไขมันอยู่ในระดับสูง โดยพบว่าหนอนแมลงวันลายมีปริมาณโปรตีนสูงถึง 45% และมีไขมัน 26.6% (Abduh et al., 2018) นอกจากนี้สัตว์ยังได้ประโยชน์จากกรดไขมันอิ่มตัวที่มีสูงถึง 65.5% ในไขมันของหนอนแมลงวันลาย (Dalle Zotte et al., 2018) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดไขมันโอเมก้า 3 (St-Hilaire et al., 2007) และยังช่วยลดปริมาณมลพิษทางสิ่งแวดล้อมเนื่องจากสามารถเลี้ยงหนอนแมลงวันลายในเศษเหลือทางชีวภาพได้ (Ravindran, 2013) หนอนแมลงวันลายจึงสามารถเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกหนึ่งที่ใช้ทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารสัตว์ปีก (Kawasaki et al., 2019) แต่หนอนแมลงวันลายมีคุณค่าทางโภชนะตามชนิดอาหารที่ใช้เลี้ยง โดยการเลี้ยงด้วยเปลือกสับปะรดทำให้หนอนแมลงวันลายมีโปรตีน 40.15% และไขมัน 26.03% เลี้ยงด้วยเปลือกขนุนทำให้หนอนแมลงวันลายมีโปรตีน 37.77% และไขมัน 27.04% และเลี้ยงด้วยเปลือกขนุนผสมเปลือกสับปะรดทำให้หนอนแมลงวันลายมีโปรตีน 37.85% และไขมัน 32.75% (กุลชาติ และทัศนีย์, 2554)

กากเต้าหู้เป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำเต้าหู้ นมถั่วเหลือง ซอสถั่วเหลือง นมผงถั่วเหลือง และแป้งถั่วเหลืองโดยกากเต้าหู้ดิบมีโปรตีน 3.7% และไขมัน 1.1% (เกียรติศักดิ์, 2552) กากเต้าหู้แห้งมีโปรตีน 21.99% (Rahman et al., 2014) กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงหนอนแมลงวันลาย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ จึงได้เห็นความสำคัญในการนำกากเต้าหู้ไปใช้ในการผลิตหนอนแมลงวันลายคุณภาพสูงเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์และช่วยเพิ่มมูลค่าของกากเต้าหู้ จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าการเลี้ยงหนอนแมลงวันลายด้วยกากเต้าหู้มีต้นทุนในการผลิตหนอนแมลงวันลายแห้ง 1 กิโลกรัม ประมาณ 14.16 บาท ซึ่งมีราคาถูกกว่ากากถั่วเหลือง โดยพบว่ากากถั่วเหลืองนำเข้าเดือนมกราคมถึงกันยายน พ.ศ. 2562 มีปริมาณการนำเข้ารวม 1,354 ตัน รวมเป็นเงิน 35.17 ล้านบาท มีราคาเฉลี่ย 25.96 บาท/กก. (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ส่วนกากถั่วเหลืองที่ผลิตในประเทศมีราคาเฉลี่ย 12.72-18.75 บาท/กก. และต้นทุนหนอนแมลงวันลายแห้งยังถูกกว่าปลาป่นเกรดต่างๆ ที่มีราคาเฉลี่ย 23.00-33.50 บาท/กก. (กระทรวงพาณิชย์, 2562) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้หนอนแมลงวันลายเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารไก่เนื้อเพื่อลดการใช้กากถั่วเหลืองโดยการศึกษาผลของการใช้ผงหนอนแมลงวันลายที่เลี้ยงด้วยกากเต้าหู้ในอาหารไก่เนื้อในระดับที่แตกต่างกันต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต องค์ประกอบซาก และคุณภาพเนื้อ

วิธีการศึกษา

การเตรียมผงหนอนแมลงวันลาย

นำหนอนแมลงวันลายที่เลี้ยงในกากเต้าหู้จนถึงระยะก่อนดักแด้หรืออายุ 15 วัน มาทำความสะอาดและฆ่าให้ตายอย่างสงบด้วยวิธีการแช่ในน้ำแข็ง แล้วนำมาอบที่อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังการอบแห้งบดหนอนแมลงวันลายให้ละเอียดผ่านรูตะแกรงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง

ขนาด 1 มิลลิเมตร และสุ่มตัวอย่าง 0.5 กิโลกรัม เพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะโดยวิธี Proximate analysis ตามวิธีของ AOAC (1990)

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) โดยใช้ไก่เนื้อทางการค้าพันธุ์ Ross 308 เพศผู้จำนวน 180 ตัว อายุ 1 วัน แบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 12 ตัว สุ่มสัตว์ทดลองให้ได้รับอาหารที่แตกต่างกันตามสูตรอาหาร กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมใช้อาหารที่ไม่มีผงหนอนแมลงวันลายในสูตรอาหาร กลุ่มที่ 2, 3, 4 และ 5 ใช้อาหารที่ประกอบด้วยผงหนอนแมลงวันลายที่ระดับ 1, 2, 3 และ 4% ในสูตรอาหาร ตามลำดับ อาหารทดลองที่ใช้เลี้ยงไก่เนื้อแบ่งเป็น 2 ระยะคือ ระยะเล็ก อายุ 0-3 สัปดาห์ และระยะรุ่น อายุ 4-5 สัปดาห์ (Table 1) อาหารทดลองมีระดับสารอาหารตามความต้องการของไก่เนื้อในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตที่แนะนำโดย (NRC, 1994) เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิดโดยให้น้ำและอาหารอย่างเต็มที่เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

บันทึกน้ำหนักตัวของไก่เนื้อก่อนเริ่มการทดลอง ปริมาณอาหารที่กิน และน้ำหนักตัวทุกสัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองสุ่มไก่เนื้อซ้ำละ 4 ตัว รวมกลุ่มละ 12 ตัว ชำแหละซากเพื่อศึกษาองค์ประกอบซาก และสุ่มไก่เนื้อกลุ่มละ 4 ตัว เพื่อศึกษาคุณภาพเนื้อ

การศึกษาคุณภาพเนื้อ

วัดค่าสี และค่า pH ของเนื้ออกและเนื้อสะโพกที่ 45 นาที และ 24 ชั่วโมง โดยนำเนื้ออกและกล้ามเนื้อสะโพก มาวิเคราะห์หาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity: WHC) โดยวิธีของ สัญชัย (2555) วัดค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็นโดยเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วัดค่าการสูญเสียน้ำจากการทำให้สุกโดยการต้มในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ซับเนื้อให้แห้งแล้วชั่งน้ำหนัก แล้วนำเนื้อไปวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อโดยใช้เครื่องวัดแรงตัดผ่านเนื้อ (Instron Model 3433 Universal test machine, USA) โดยตัดเนื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ซม. วัดค่าการเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้ออกโดยใช้เนื้ออก 10 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 100 มล. และ 4N HCl 2.5 มล. นำมากลั่นจนได้สารละลาย 20 มล. แล้วดูดสารละลายที่กลั่นได้ 5 มล. ผสมกับ Thiobarbituric acid (TBA) reagent 5 มล. จากนั้นไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 538 นาโนเมตร และนำค่าที่ได้คำนวณปริมาณการเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้ออก

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปที่ระดับความเชื่อมั่นที่ ($P < 0.05$)

Table 1 Ingredients and chemical composition of the experimental diets

Ingredient (%)	Starter diet (0-21 day)					Grower starter diet (22-35 day)				
	BSFL level (%)					BSFL level (%)				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
Corn	14.00	14.10	15.45	17.00	18.00	39.90	40.20	40.60	41.15	42.45
Rice bran	5.00	5.50	6.50	6.95	7.65	5.00	6.45	7.20	8.30	9.00
Broken rice	40.00	39.95	38.40	37.00	36.00	17.85	16.90	16.40	15.50	14.10
BSFL	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00
Fish meal (60%CP)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Soybean meal (44%CP)	27.45	26.30	25.00	23.85	22.60	26.80	25.50	24.25	22.95	21.80
Rice bran oil	2.30	1.90	1.40	0.95	0.50	3.10	2.60	2.20	1.75	1.30
Fine limestone	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Ca_2PO_4	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Salt	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Premix	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Calculated chemical composition										
Crude protein	23.00	23.01	23.00	23.02	23.01	20.01	20.02	20.01	20.00	20.02
ME (kcal/kg)	3,200	3,215	3,220	3,231	3,241	3,200	3,203	3,216	3,225	3,234
Ether extract	4.97	4.97	4.97	4.96	4.96	6.17	6.18	6.22	6.25	6.26
Crude fiber	3.16	3.20	3.30	3.36	3.43	3.58	3.71	3.77	3.87	3.95
Calcium	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	0.98	0.99	1.00	1.01	1.02
Available phosphorus	0.50	0.50	0.51	0.52	0.53	0.44	0.46	0.47	0.48	0.49

ผลการศึกษา

คุณค่าทางโภชนะในผงหนอนแมลงวันลาย

ผงหนอนแมลงวันลายมีวัตถุแห้ง 94.28% โปรตีน 45.68% ไขมัน 34.53% แคลเซียม 1.22% ฟอสฟอรัส 0.8% และมีพลังงานรวม 6,235 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

สมรรถภาพการเจริญเติบโตและองค์ประกอบซาก

น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ทั้งไก่ระยะเล็ก ระยะรุ่น และตลอดระยะการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P > 0.05) (Table 2) เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น เปอร์เซ็นต์ตัดแต่ง เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนของซาก และเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนของอวัยวะภายใน พบว่าไม่แตก

ต่างกันทางสถิติ (P > 0.05) (**Table 3**)

คุณภาพเนื้อ

ค่า pH และค่าสีเนื้ออกและเนื้อสะโพกทั้ง 45 นาทีหลังฆ่า และ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P > 0.05) ดังแสดงใน **Table 4** ค่าความสูญเสียน้ำจากการแช่เย็นเนื้ออก เนื้อสะโพก ค่าการสูญเสียน้ำจากการต้มสุกเนื้อสะโพก และค่าแรงตัดผ่านเนื้ออก เนื้อสะโพก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P > 0.05) แต่ค่าการสูญเสียน้ำจากการต้มสุกของเนื้ออก พบว่ากลุ่มที่ใช้ผงหนอนแมลงวันลาย 2 และ 3% ในสูตรอาหาร มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้ผงหนอนแมลงวันลายและกลุ่มที่ใช้ผงหนอนแมลงวันลาย 4% ในสูตรอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) ค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้ออก หลังฆ่า พบว่ากลุ่มที่ใช้ผงหนอนแมลงวันลายที่ระดับ 1, 2 และ 3% ในสูตรอาหาร มีค่าการเกิดออกซิเดชันต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) แต่ค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้ออกที่ 3 วัน และ 7 วัน หลังฆ่าของทุกกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05) (**Table 5**)

Table 2 The effect of BSFL on growth performance of broilers

Parameter	BSFL level (%)					SEM	P-value
	0	1	2	3	4		
Starter period (0-3 week)							
Final weight (g/b)	680.53	704.54	712.64	718.53	665.93	9.654	0.41
Body weight gain (g/b)	629.29	653.58	659.92	668.53	614.69	9.530	0.38
Feed Intake (g/b/d)	45.92	46.76	47.57	47.76	45.47	0.507	0.60
Average daily gain (g/b/d)	29.97	31.12	31.42	31.83	29.27	0.453	0.38
Feed conversion ratio	1.53	1.50	1.52	1.50	1.55	0.010	0.54
Grower period (4-5 week)							
Final weight (g/b)	1,658.89	1,667.22	1,710.00	1,733.43	1,692.22	17.718	0.72
Body weight gain (g/b)	973.39	959.58	992.03	1,011.24	1,020.75	13.957	0.68
Feed Intake (g/b/d)	122.32	121.63	125.39	127.53	125.71	1.358	0.66
Average daily gain (g/b/d)	69.53	68.54	70.86	72.23	72.91	0.997	0.63
Feed conversion ratio	1.76	1.78	1.77	1.77	1.73	0.012	0.78
Overall (0-5 week)							
Final weight (g/b)	1,658.89	1,667.22	1,710.00	1,733.43	1,692.22	17.718	0.72
Body weight gain (g/b)	1,602.68	1,613.16	1,651.95	1,679.77	1,635.44	17.633	0.71
Feed Intake (g/b/d)	76.48	76.70	78.70	79.67	77.57	0.801	0.74
Average daily gain (g/b/d)	45.79	46.09	47.20	47.99	46.73	0.503	0.71
Feed conversion ratio	1.67	1.66	1.67	1.66	1.66	0.004	0.93

แก่นเกษตร 48 ฉบับที่ 5: 942-953 (2563)./doi:10.14456/kaj.2020.86.

Table 3 The effect of BSFL on carcass composition of broilers

Parameter	BSFL level (%)					SEM	P-value
	0	1	2	3	4		
Live weight (g)	1,631.67	1,633.83	1,636.08	1,626.67	1,626.17	21.215	1.00
Hot carcass weight (g)	1,338.09	1,339.32	1,358.07	1,348.18	1,365.84	19.028	0.99
Dressing weight (g)	1,178.59	1,192.32	1,197.15	1,196.85	1,227.84	18.634	0.94
Hot carcass weight (%)	81.97	81.94	82.95	82.79	83.01	0.180	0.13
Dressing weight (%)	72.15	72.87	73.09	73.45	67.58	0.244	0.31
Portion weight percentage (% Hot carcass)							
Head and neck	7.01	6.50	6.92	6.46	6.41	0.101	0.19
Wings	9.35	9.35	9.76	9.63	9.42	0.102	0.64
Drumsticks	12.23	12.87	12.67	12.84	12.31	0.114	0.24
Legs	4.96	4.99	4.99	4.82	4.78	0.054	0.60
Thighs	15.57	15.43	15.92	16.29	15.79	0.170	0.55
Pectoralis major	20.34	20.72	19.82	19.41	21.64	0.279	0.11
Pectoralis minor	4.34	4.30	4.31	4.23	4.23	0.058	0.97
Skeleton frame	23.28	23.36	22.77	23.08	23.08	0.327	0.98
Internal organ weight percentage (% Live weight)							
Visceral organs	10.49	10.24	9.90	9.95	9.53	0.131	0.20
Heart	0.60	0.58	0.59	0.55	0.61	0.011	0.47
Liver	2.55	2.48	2.32	2.40	2.24	0.037	0.07
Proventriculus and Gizzard	2.16	1.92	1.89	1.86	1.80	0.045	0.12
Spleen	0.14	0.16	0.15	0.16	0.15	0.004	0.88
Visceral fat	1.08	1.47	1.34	1.30	1.28	0.054	0.25

Table 4 The effect of BSFL on meat pH and color of broilers

Parameter		BSFL level (%)					SEM	P-value
		0	1	2	3	4		
Breast meat	pH 0 h	6.11	5.91	6.00	6.00	6.02	0.031	0.36
	pH 24 h	6.11	5.89	6.03	6.03	5.90	0.031	0.10
Thigh meat	pH 0 h	6.42	6.44	6.42	6.42	6.40	0.016	0.92
	pH 24 h	6.21	6.26	6.27	6.27	6.22	0.020	0.89
Breast meat color 0 h	(L*)	54.68	55.32	54.20	53.45	54.92	0.634	0.93
	(a*)	15.11	14.70	15.55	15.82	14.16	0.317	0.52
	(b*)	8.32	8.38	7.81	8.49	8.32	0.238	0.93
Thigh meat color 0 h	(L*)	54.38	53.90	53.46	53.62	53.10	0.242	0.57
	(a*)	17.46	17.21	17.29	16.42	16.66	0.190	0.38
	(b*)	7.65	7.14	6.86	7.39	7.14	0.186	0.77
Breast meat color 24 h	(L*)	55.76	56.20	54.86	54.42	55.74	0.597	0.90
	(a*)	15.36	15.31	16.47	16.64	14.88	0.367	0.50
	(b*)	8.71	8.81	8.02	9.31	9.22	0.244	0.52
Thigh meat color 24 h	(L*)	54.90	55.40	55.74	53.61	54.80	0.371	0.47
	(a*)	17.51	17.37	16.80	18.00	16.97	0.223	0.51
	(b*)	8.01	7.83	7.72	8.39	8.66	0.207	0.62

Table 5 The effect of BSFL on water holding capacity, shear force and lipid oxidation of broiler meat

Parameter	BSFL level (%)					SEM	P-value
	0	1	2	3	4		
Water holding capacity							
Breast meat (%) Drip loss	1.72	1.28	1.33	1.27	1.36	0.176	0.117
Cooking loss	5.45[a]	4.97[ab]	4.80[b]	4.50[b]	5.55[a]	0.117	0.006
Thigh meat (%) Drip loss	1.33	1.31	1.35	1.26	1.17	0.030	0.332
Cooking loss	5.32	4.02	6.04	4.81	4.46	0.260	0.106
Shear force value (kg) Breast meat	1.717	1.758	1.298	1.408	1.526	0.070	0.174
Thigh meat	1.414	1.162	1.126	1.250	1.203	0.037	0.121
Lipid oxidation (mg MDA /kg meat)							
day 0	0.0242[a]	0.0147[b]	0.0159[b]	0.0160[b]	0.0194[ab]	0.001	0.006
day 3	0.0263	0.0200	0.0246	0.0235	0.0267	0.001	0.848
day 7	0.0384	0.0352	0.0400	0.0372	0.0367	0.012	0.531

[a,b] Indicated the difference within a row was significant ($P<0.05$)

วิจารณ์

หนอนแมลงวันลายที่เลี้ยงด้วยกากเต้าหู้มีโปรตีนและไขมันที่สูงกว่าการเลี้ยงด้วยเปลือกสับปะรด เปลือกขนุน และเปลือกขนุนผสมสับปะรด (กุลชาติ และทัศนี, 2554) และมีค่าพลังงานรวมที่สูงกว่าการเลี้ยงด้วยกากเบียร์ (Ruhnke et al., 2018) ทั้งนี้เนื่องจากอาหารที่ใช้เลี้ยงสามารถส่งผลต่อระดับโปรตีนและไขมันในหนอนแมลงวันลาย (Makkar et al., 2014; กุลชาติ และทัศนีย์, 2554)

การใช้ผงหนอนแมลงวันลายที่เลี้ยงด้วยกากเต้าหู้ในครั้งนี้ไม่ส่งผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ สอดคล้องกับการศึกษาของ Cullere et al. (2016) ที่พบว่าการใช้หนอนแมลงวันลายแทนกากถั่วเหลืองไม่ส่งผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในนกกระทาเนื้อ และการศึกษาของ Schiavone et al. (2017) ที่ใช้หนอนแมลงวันลายทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพของไก่เนื้อ รวมถึงการศึกษาของ Moula et al. (2018) ที่พบว่าการใช้หนอนแมลงวันลายในอาหารไก่พื้นเมืองที่ระดับ 2% ไม่ได้ส่งผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตด้วยเช่นกัน ทำให้หนอนแมลงวันลายสามารถเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกในอาหารสัตว์ (Cullere et al., 2016)

การใช้ผงหนอนแมลงวันลายที่เลี้ยงด้วยกากเต้าหู้ในครั้งนี้ไม่มีผลต่อองค์ประกอบซากของไก่เนื้อ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Moula et al. (2018) ที่พบว่าการใช้หนอนแมลงวันลายที่ระดับ 2% ในอาหารไม่มีผลต่อองค์ประกอบซากของไก่พื้นเมือง และการศึกษาของ Schiavone et al. (2017) ที่ใช้หนอนแมลงวันลายทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองไม่ส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบซากทั้งน้ำหนักซาก ชิ้นส่วนซากและเครื่องใน ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากสมรรถภาพการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน และอาจเป็นผลมาจากในการศึกษาครั้งนี้ยังใช้ผงหนอนแมลงวันลายในระดับที่ยังไม่สูง

มากทำให้ไม่ส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบซากอย่างชัดเจน

การใช้ผงหนอนแมลงวันลายในสูตรอาหารไก่เนื้อครั้งนี้ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพเนื้อด้านค่า pH ค่าสีของเนื้อ ค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Schiavone et al. (2017) ที่ใช้หนอนแมลงวันลายทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อค่า pH ค่าสีของเนื้อ และค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็นของเนื้อแตกต่างจากการศึกษาของ Cullere et al. (2016) ที่พบว่าการใช้หนอนแมลงวันลายในอาหารนกกระทาเนื้อทำให้ค่า pH ของเนื้อต่ำลง อาจเนื่องจากระดับการใช้หนอนแมลงวันลายที่สูงถึง 10 และ 15 % ในสูตรอาหารนกกระทาเนื้อ อย่างไรก็ตาม ค่าการสูญเสียน้ำจากการต้มสุกของเนื้ออกพบว่าการใช้ผงหนอนแมลงวันลายที่ระดับ 2 และ 3% ในสูตรอาหารมีค่าลดลง อาจเป็นเพราะในเนื้ออกมีกรดไขมันอิ่มตัวสูงเนื่องจากในหนอนแมลงวันลายมีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวสูงถึง 65.5% ของกรดไขมันทั้งหมด (Dalle Zotte et al., 2018) กรดไขมันอิ่มตัวส่งผลต่อค่าการสูญเสียน้ำจากการต้มสุกที่ลดลง (Mir et al., 2017) และการใช้ผงหนอนแมลงวันลายที่ 1, 2 และ 3% มีค่าออกซิเดชันของเนื้ออกหลังฆ่าที่ต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้ผงหนอนแมลงวันลาย ซึ่งอาจเป็นเพราะกรดไขมันอิ่มตัวที่มีอยู่ในหนอนแมลงวันลาย จากการรายงานของ นิธิยา (2545) กล่าวว่ากรดไขมันที่อิ่มตัวจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ช้ากว่ากรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว เนื่องจากกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวมีพันธะคู่ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายกว่า แต่การใช้ผงหนอนแมลงวันลายที่ระดับ 1 และ 4% ให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้ออกที่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ใช้ผงหนอนแมลงวันลายและการใช้ผงหนอนแมลงวันลายที่ระดับ 4% ให้ค่าออกซิเดชันของเนื้ออกหลังฆ่าที่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ใช้ผงหนอนแมลงวันลาย อาจเป็นเพราะในหนอนแมลงวันลายมีกรดไขมันชนิด n-3 HUFA ที่ระดับ 6.97% ของกรดไขมัน HUFA ทั้งหมด (Dalle Zotte et al., 2018) ซึ่งกรดไขมัน n-3 HUFA จะส่งผลต่อการสะสมไขมันในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น แต่ถ้าปริมาณกรดไขมัน n-3 HUFA ที่มีในอาหารอยู่ในระดับที่สูงเกินความต้องการจะส่งผลให้มีการสะสมไขมันในเนื้อเยื่อที่ลดลง (สุพิศ และคณะ, 2555)

สรุป

การใช้ผงหนอนแมลงวันลายที่ระดับ 1, 2, 3 และ 4% ไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต องค์ประกอบซาก และคุณภาพเนื้อแต่อย่างใด ยกเว้นการใช้ในระดับ 2 และ 3% จะทำให้ค่าการสูญเสียน้ำจากกการต้มสุกของเนื้ออกลดลง และถ้าใช้ในระดับ 1, 2 และ 3% จะทำให้การเกิดออกซิเดชันหลังฆ่าในเนื้อหน้าอกลดลง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผงหนอนแมลงวันลายสามารถใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบโปรตีนทางเลือกในอาหารไก่เนื้อได้ถึง 4% โดยไม่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และองค์ประกอบซาก และควรใช้ผงหนอนแมลงวันลายที่ระดับ 1, 2 และ 3% ในสูตรอาหารเพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อให้ดีขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณ Common farm อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ที่สนับสนุนหนอนแมลงวันลายที่ใช้ในการทดลอง และทุนศิษย์ก้นกุฏิของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนทุนการศึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพาณิชย์. 2562. อาหารสัตว์และวัตถุดิบอาหารสัตว์-ค้าส่ง. แหล่งข้อมูล: https://www.moc.go.th/index.php/rice-if-rame-18.html. ค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2562.

กุลชาติ บูรณะ และทัศนีย์ แจ่มจรรยา. 2554. การติดตามขนาดประชากรการเพาะเลี้ยงและคุณค่าทางโภชนะของแมลงวันลาย (*Hermetia illucens* L.). วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น (ฉบับบัณฑิตศึกษา). 11: 19-26.

เกียรติศักดิ์ กล่ำเอม. 2552. ตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบ. แหล่งข้อมูล:http://km.dld.go.th/th/index.php/th/research-system/knowledge-office/149-kmproduction-cat/159-2009-12-24-03-18-19. ค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2562.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. สถิติการนำเข้า (Import). แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/view/1/. ค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2562.

สุพิศ ทองรอด, มนทกานติ ท้ามติ้น และสิริพร ลือชัยชัยกุล. 2555. อัตราส่วนระหว่างกรดไขมันจำเป็น n-3/n-6 ในอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius, 1798) ในกระชังในบ่อดิน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 18/2555. สำนักงานวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สัญชัย จตุรสิทธา, อภิรักษ์ เพียรมงคล และอำนวย เลี้ยวธารากุล. 2555. โครงการ คุณภาพเนื้อ กลิ่น และรสชาติของไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ 1. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (สกว.). สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

Abduh, M. Y., M. H. Nadia, R. Manurung, and R. E. Putra. 2018. Factors affecting the bioconversion of Philippine tung seed by black soldier fly larvae for the production of protein and oil-rich biomass. J. Asia-Pac. Entomol. 21: 836-842.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists International, Arlington, VA.

Cullere, M., G. Tasoniero, V. Giaccone, R. Miotti-Scapin, E. Claeys, S. De Smet, and A.D. Zotte. 2016. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: Apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. Anim. 10: 1923–1930.

Dalle Zotte, A., M. Cullere, C. Martins, S. P. Alves, J. P. Freire, L. Falcao-e-Cunha, and R. J. Bessa. 2018. Incorporation of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae fat or extruded linseed in diets of growing rabbits and their effects on meat quality traits including detailed fatty acid composition. Meat Sci. 146: 50-58.

Ifie, I. and C.H. Emeruwa. 2011. Nutritional and anti-nutritional characteristics of the larvae of *Oryctes Monoceros*. Agric. Biol. J. N. Am. 2: 42-46.

Kawasaki, K., Y. Hashimoto, A. Hori, T. Kawasaki, H. Hirayasu, S. Iwase, A. Hashizume, A. Ido, C. Miura, T. Miura, S. Nakamura, T. Seyama, Y. Matsumoto, K. Kasai, and Y. Fujitani. 2019. Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae and pre-pupae raised on household organic waste, as potential ingredients for poultry feed. Anim. 9: 1-14.

Makkar H.P.S., G. Tran, V. Heuze, and P. Ankers. 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. Anim. Feed Sci. Technol. 197: 1-33.

Mir, N. A., A. Rafiq, F. Kumar, V. Singh, and V. Shukla. 2017. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. J. Food Sci. Technol. 54: 2997-3009.

Moula, N., M.L. Scippo, C. Douny, G. Degand, E. Dawans, J.F. Cabaraux, J.L. Hornick, R. C. Medigo, P. Leroy, and F. Francis. 2018. Performances of local poultry breed fed black soldier fly larvae reared on horse manure. Anim. Nutr. 4: 73-78.

NRC (National Research Council). 1994. National Requirements of Poultry. 9 th Edition. National Academies Press, Washington D.C.

Rahman, M.M., T. Nakagawa, R.B. Abdullah, W.E. Wan Khadijah, and R. Akashi. 2014. Feed intake and growth performance of goats supplemented with soy waste. Pesqui. Agropecu. Bras. 49: 554-8.

Ravindran, V. 2013. Poultry feed availability and nutrition in developing countries: Main ingredients used in poultry feed formulation. Poult. Dev. Rev. 2: 694–695.

Ruhnke, I., C. Normant, D.L. Campbell, Z. Iqbal, C. Lee, G. N. Hinch, and J. Roberts. 2018. Impact of on-range choice feeding with black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) on flock performance, egg quality, and range use of free-range laying hens. Anim. Nutr. 4: 452-460.

Schiavone, A., M. Cullere, M. De Marco, M. Meneguz, I. Biasato, S. Bergagna, D. Dezzutto, F. Gai, S. Dabbou, and L.

Gasco. 2017. Partial or total replacement of soybean oil by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) fat in broiler diets: effect on growth performances, feed-choice, blood traits, carcass characteristics and meat quality. Ital. J. Anim. Sci. 16: 93-100.

St-Hilaire, S., K. Cranfill, M. A. McGuire, E. E. Mosley, J. K. Tomberlin, L. Newton, W. Sealey, C. Sheppard, and S. Irving. 2007. Fish offal recycling by the black soldier fly produces a foodstuff high in omega-3 fatty acids. J. World Aqua. Soc. 38: 309-313.